

349.

Врз основа на член 195 став (3) од Законот за енергетика \* („Службен весник на Република Македонија“ бр.96 /18) министерот за економија донесе

**П Р А В И Л Н И К**  
**ЗА ЗАШТИТА ВО НИСКОНАПОНСКИТЕ МРЕЖИ И ПРИПАЃАЧКИТЕ ТРАНСФОРМАТОРСКИ**  
**СТАНИЦИ**

**I Општи одредби**

**Член 1**

Со овој правилник се пропишуваат техничките нормативи за заштита од прекумерни струи и од електричен удар во нисконапонските мрежи за наизменична струја и во припаѓачките трансформаторски станици среден/низок напон.

**Член 2**

Одредбите од овој правилник се применуваат при проектирање, функционирање и одржување на нисконапонските мрежи за наизменична струја и припаѓачките трансформаторски станици среден/низок напон.

**Член 3**

Одредбите на овој правилник не се однесуваат на:

- 1) нисконапонските мрежи и инсталации за еднонасочна струја;
- 2) нисконапонски инсталации во згради, а границата меѓу нисконапонска инсталација и нисконапонска мрежа е дефинирана со соодветни мрежни правила;
- 3) електроенергетските постројки и нисконапонскиот развод во подземни рудници, електрохемиската индустрија, надземните места загрозувани од експлозивни смеси;
- 4) електричните железници, вклучувајќи ги и уредите на возилата и контактните водови и
- 5) електроенергетските постројки за посебни намени, како што се: постројки за напојување антенски уреди на планински врвови, постројки на електрофилтри и слични.

**Член 4**

Овој правилник има за цел да овозможи функционирање на електроенергетските мрежи од аспект на безбедноста на луѓето.

**Член 5**

- (1) Сета електроенергетска опрема треба така да се поставува за, колку што е потребно, да се обезбеди:
  - 1) доволен простор како за иницијалнопоставување на електричната опрема, така и за подоцнежна замена на одделни компоненти и
  - 2) пристап за работа, контрола и откривање на дефекти, тестирање, одржување и поправка.

**Член 6**

- (1) Елементите од мрежата треба да се соодветни како за нормална работа така и при куќи врски и при нивниот избор треба да се води сметка за:

- 1) највисоката дозволена температура на елементот, односно на неговите делови,
  - 2) највисоката вредност на дозволена загуба на напон во мрежата,
  - 3) електромеханичките напрегања што можат да настанат поради струи на куси врски,
  - 4) други механички напрегања на кои спроводниците можат да бидат изложени,
  - 5) максималната импеданција со оглед на функционалноста на заштитата од струи на куса врска и
  - 6) начинот на инсталирање.
- (2) Луѓето, животните и имотот треба да бидат заштитени од негативните последици предизвикани од прекумерни струи (струи на преоптоварување или струи на куса врска). За таа цел, во нисконапонските мрежи се користат соодветни заштитни уреди и/или заштитни мерки.

#### Член 7

- (1) Номиналните напони во нисконапонските мрежи се дефинирани во стандардот МКС EN 60038.
- (2) Ефективната вредност на напонот во нисконапонската мрежа треба да биде во границите дефинирани со одредбите во оделот 4 од стандардот МКС EN 50160 и мрежните правила што важат за разгледуваната електроенергетска мрежа.

#### Член 8

- (1) Одделни термини и изрази употребени во овој правилник го имаат следното значење и тоа:
  - 1) **номинален напон** во трифазна електроенергетска мрежа е меѓуфазен напон за кој мрежата е градена.
  - 2) **нисконапонска мрежа** (НН мрежа) е мрежа чиј номинален напон не надминува 1000 V.
  - 3) **среднонапонска мрежа** (СН мрежа) е мрежа чиј номинален напон е повисок од 1000 V, но не е повисок од 45 kV.
  - 4) **заземјувач** е спроводен дел или повеќе такви делови што можат да бидат закопани директно во земја или во одделна спроводна средина (на пример, во бетон, бентонит или сличен материјал) и имаат електричен контакт со земјата.
  - 5) **заземјувачки систем** претставува систем од два или повеќе галвански поврзани заземјувачи.
  - 6) **внатрешен дефект** е дефект кој настанува во елемент на мрежата со формирање спроводна врска (независно како таа се создала) меѓу спроводници што во нормални услови на работа се под напони изложени спроводни делови..
  - 7) **земјоспој** (или доземна куса врска) е спроводна врска (независно од начинот како таа се создала) помеѓу фазен спроводник и земја или спроводник поврзан со земја. Спроводната врска може да се реализира и преку електричен лак.
  - 8) **изложени спроводни делови** се спроводни делови на елементи на нисконапонска мрежа што можат да бидат допрени од човек и што нормално не се под напон, но придефект можат да дојдат под напон.
  - 9) **други спроводни делови** се спроводни делови што не се дел од електрична мрежа или опрема, но се подобни за пренесување на електричниот потенцијал, обично електричниот потенцијал на околната земја.
  - 10) **земјовод** е спроводник што обезбедува спроводна врска, или дел од спроводната врска, меѓу заземјувач (или заземјувачки систем) и дадена точка на систем, инсталација или опрема.
  - 11) **заштитен спроводник** е спроводник наменет да обезбеди безопасност, на пример, како заштита од електричен удар.

- 12) **нисконапонски извор** (или покусо НН извор или само извор) е нисконапонска страна на трансформатор среден/низок напон или генератор што ја напојува нисконапонската мрежа.
- 13) **трансформатор среден/низок напон** (или покусо трансформатор СН/НН) е термин со кој се означува енергетски трансформатор меѓу мрежа на среден напон и мрежа на низок напон.
- 14) **прекидна способност** на прекинувач или осигурувач е најголемата струја што тој уред може да ја прекине.
- 15) **време на дејствување на заштита** е најдолгото време за кое заштитата ќе дејствува во дадените услови.
- 16) **допир** е секаков контакт со кој и да е дел на човечкото тело (рака, нога, глава, итн.).
- 17) **заштита од директен допир** (основна заштита) се состои од мерки со кои се оневозможува лица (или животни) да дојдат во опасна близина на неизолирани делови под напон или директно да допрат такви делови.
- 18) **заштита при индиректен допир** (заштита при внатрешен дефект) во нисконапонските системи и инсталации и кај електричната опрема, претставува заштита од опасност што можат да настанат при допир со изложени спроводни делови или други спроводни делови, во случаи на дефект на основната изолација (т.е. изолација помеѓу спроводниците што се нормално под напон и изложените спроводни делови).
- 19) **напон на допир** е напон меѓу спроводни делови што можат да бидат допрени едновремено.
- 20) **напон на чекор** е напон меѓу две точки на површина на земја, што се на меѓусебно растојание од 1 m (што се смета за должина на чекор од човек).
- 21) **превисок напон на допир** е напон на допир што е повисок од највисокиот дозволен напон на допир за конкретните услови.
- 22) **заштитно изедначување на потенцијал** е галванско поврзување на спроводни делови со цел да се намалат потенцијални разлики меѓу тие делови.
- 23) **референтна земја** е дел од земјата надвор од областа на влијание на заземјувач или заземјувачки систем каде, при постоење струја кон земја, нема забележливи разлики меѓу потенцијалите на кои и да било две точки. Вообичаено е да се зема дека е тоа површината на тлото.
- 24) **потенцијал на заземјувач** (или на заземјувачки систем) е разлика меѓу потенцијалот на заземјувачот (заземјувачкиот систем) и потенцијалот на референтна земја.
- 25) **работен (погонски) заземјувач** е заземјувач на којшто се поврзуваат металните делови што му припаѓаат на струјното коло на електричната постројка.
- 26) **заштитен заземјувач** е заземјувач на којшто се поврзуваат спроводни делови што нормално не се под напон, со цел да се заштитат лица и животни од електричен удар.
- 27) **заеднички заземјувач** претставува заземјувач формиран со спојување на заштитен и работен заземјувач во трансформаторска станица среден/низок напон или кога еден заземјувач се користи и како работен како заштитен.
- 28) **заземјување** е поврзување на делови од напојниот систем и/или изложени спроводни делови и/или други спроводни делови со заземјувач или заземјувачки систем.
- 29) **Куса врска** настанува кога преку занемарлива импеданција ќе дојде до спој меѓу фазните спроводници или меѓу фазните спроводници и неутралниот спроводник. Во TN-системите, како куса врска се смета и спој преку занемарлива импеданција меѓу фазен и заштитниот спроводник.
- 30) **прекумерна струја** во еден елемент на мрежа е секоја струја со поголем интензитет од најголемата трајно дозволена струја за тој елемент.
- 31) **главно место за заземјување** е точка или шинашто е поврзана за заземјувач или заземјувачки систем и кон која е овозможено да се поврзат повеќе спроводници со цел да се заземјат.

- 32) **дефект** во напојниот системе секој настан или оштетување со кој се попречуван нормалната работа и/или се создаваат услови што можат да бидат опасни за луѓе, животни и имоти.
- 33) **адекватни трансформаторски станици** среден/низок напон се таков пар трансформаторски станици кај кои е дозволено, на рационален начин, да се поврзат еден или повеќе неутрални спроводници од нисконапонските изводи на едната трансформаторска станица со неутралните спроводници на нисконапонските изводи од другата трансформаторска станица.
- 34) **изнесен (пренесен) потенцијал** е повишување на потенцијал настанато од еден заземјувачки систем како последица на струја во земја преку спроводник поврзан со заземјувачкиот систем (на пример, метална обвивка на кабел, PEN спроводник, цевковод, метална ограда и сл.) во подрачје со низок потенцијал, или во кое нема повишување на потенцијалот во однос на референтната земја, што резултира со потенцијална разлика меѓу спроводникот и неговата околина.
- 35) **напон на стрес** е напон што при земјоспој настанува меѓу заземјен дел или куќиште на уред и кој и да било друг дел и може да влијае врз нормалната работа на уредот или на безбедноста.
- (2) Списокот на стандардизациски документи користени при изготвување на овој Правилник е даден во Прилогот 1, а при повикувањето на овие документи во текстот се користени нивните ознаки.
- (3) На сликите на коишто се илустрирани нисконапонските мрежи:
- 1) правоаголниците прикажани со испрекинати линии претставуваат објекти во нисконапонската мрежа (метални разводни ормани, метални приклучни ормани или кутии, метални или армиранобетонски столбови и слично);
  - 2) нисконапонските извори можат да бидат трансформатори среден/низок напон или генератори;
  - 3) не се прикажани уредите за заштита од прекумерни струи;
  - 4) не е прикажана и друга неопходна опрема.
- (4) Во текстот и на сликите за спроводниците се користени ознаки што ги имаат следниве значења: L1, L2 и L3 означуваат фазни спроводници, N означува неутрален спроводник, PE означува заштитен спроводник, додека PEN означува заштитно-неутрален спроводник.
- (5) Ако поинаку не е наведено, поимите мрежа и електрична мрежа се однесуваат на нисконапонска електроенергетска мрежа.

## II Нисконапонски системи

### II.1 Ознаки на нисконапонски системи

#### Член 9

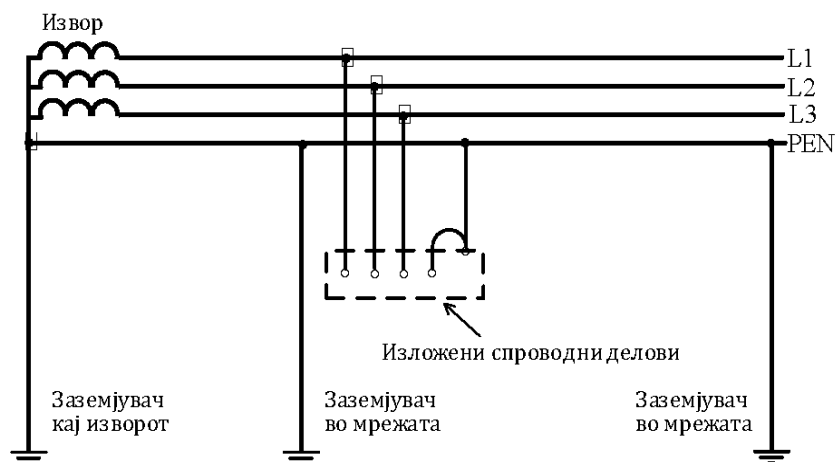
- (1) Во нисконапонските мрежи и инсталации разликуваме три типа системи, за кои се користат следниве ознаки: TN, TT и IT. Системите се разликуваат меѓусебно по две одлики. Првата буква означува каконисконапонскиот извор е поврзан со земјата. Втората буква означува со што се поврзуваат изложените спроводни делови.
- (2) Со првата буква во ознаката на нисконапонскиот систем се означува видот на поврзувањето на напојниот систем со земја. Значењата на буквите што се користат како прва буква во ознаката се:
- 1) T – директна врска на една точка со земја (во трифазните нисконапонски системи е вообичаено тоа да биде неутралната точка, а доколку неутралната точка не е на располагање се заземјува фазен спроводник);
  - 2) I – сите делови под напон се изолирани од земја или една точка е поврзана со земја преку голема импеданција.

- (3) Со втората буква во ознаката на нисконапонскиот систем се означува начинот на поврзувањето на изложените спроводни делови со земја. Значењата на буквите што се користат како втора буква во ознаката се:
- 1) Т – директна електрична врска на изложените спроводни делови со земја, безгалванско поврзување со која и да било заземјена точка на напојниот систем;
  - 2) N – директна електрична врска на изложените спроводни делови со заземјената точка на напојниот систем.
- (4) Покрај основната ознака од две букви, во ознаките на варијантите на TN-системи се користат дополнителни една до две букви. Со нив се означува како се реализирани улогите на неутралниот и заштитниот спроводник. Притоа се користат буквите со следниве значења:
- 1) С – функциите на неутрален и заштитен спроводник се обединети во еден спроводник, нарекуван како заштитно-неутрален спроводник или покусор PEN спроводник.
  - 2) S – заштитната функција се обезбедува со спроводник што е одделен од неутралниот спроводник или од заземјениот фазен спроводник;
- (5) Во случај кога нисконапонска мрежа е изведена како TN или TT систем и е напојувана од два или повеќе извори е можно дел од работните струи да користат несакани патишта. Тие струи можат да бидат причина за пожар, корозија и/или електромагнетна интерференција. За до тоа да не дојде, при проектирање на нисконапонска мрежа напојувана од два или повеќе извори, треба да се почитуваат одредбите од членот 8, односно членот 10, за TN и TT систем, соодветно.

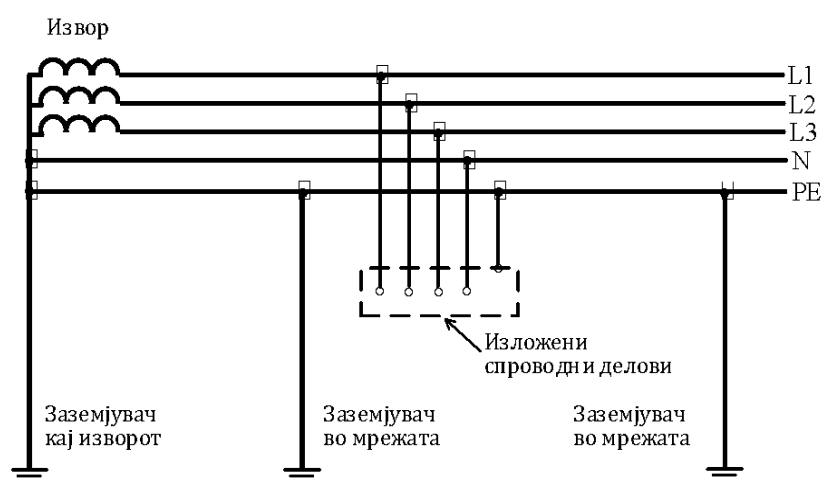
## II.2 TN-системи

### Член 10

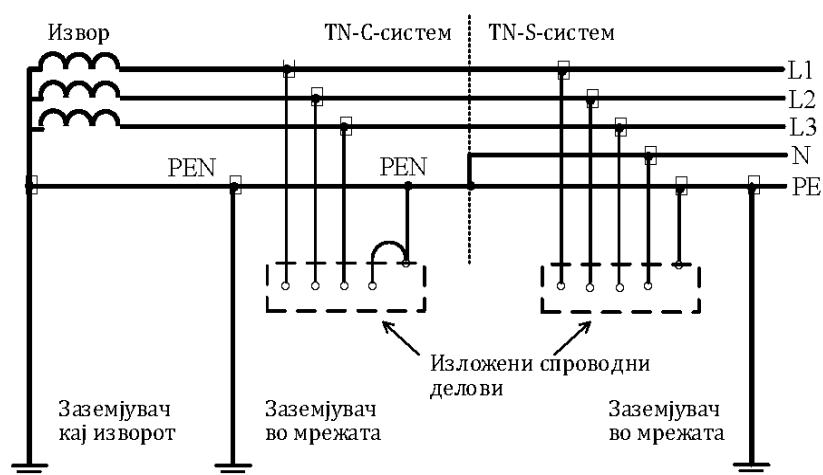
- (1) Нисконапонските системи од типот TN имаат една директно заземјена точка кај нисконапонскиот извор, а изложените спроводни делови се поврзани со таа точка со заштитен спроводник, односно заштитно-неутрален спроводник. Вообичаено е директно да биде заземјена неутралната точка на нисконапонската страна на напојниот трансформатор среден/низок напон, односно генератор.
- (2) Разликуваме три варијанти на TN-системи, и тоа:
- 1) TN-C-систем – во кој низ целиот нисконапонски систем функциите на неутрален и заштитен спроводник се обединети во еден спроводник, вообичаено нарекуван како заштитно-неутрален спроводник (слика II.1);
  - 2) TN-S-систем – во кој низ целиот нисконапонски систем се води одделен заштитен спроводник (слика II.2);
  - 3) TN-C-S-систем – кој претставува комбинација на TN-C-систем и TN-S-систем и во кој функциите на неутралниот и заштитниот спроводник се обединети во еден заштитно-неутрален спроводник само во дел од нисконапонскиот систем (слика II.3).
- (3) TN-C-систем не е дозволен за спроводници со плоштина на напречен пресек помала од 10 mm<sup>2</sup> бакар, или 16 mm<sup>2</sup> алуминиум.
- (4) TN-S-систем е задолжителен за струјни кола со спроводници со плоштина на напречен пресек помала од 10 mm<sup>2</sup> бакар, или 16 mm<sup>2</sup> алуминиум.
- (5) Во TN-C-S-систем не смее TN-C-системот да се користи по TN-S-системот. Поинаку кажано, по точката во која TN-C-системот (со 4 спроводници) преминува во TN-S-систем (со 5 спроводници) не е дозволено повторно преминување на TN-C-систем.



Слика II.1 Шематски приказ на TN-C-систем со еден нисконапонски извор



Слика II.2 Шематски приказ на TN-S-систем со еден нисконапонски извор



Слика II.3 Шематски приказ на TN-C-S-систем со еден нисконапонски извор

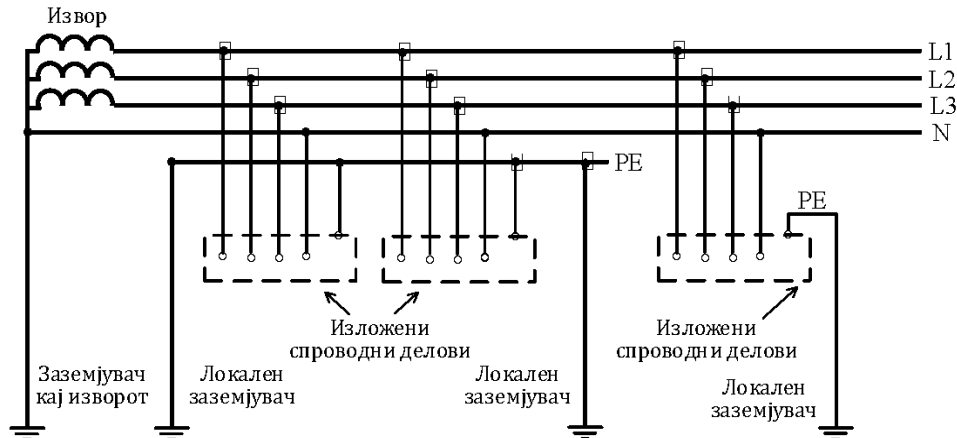
### Член 11

- (1) При проектирање на TN-систем што се напојува од повеќе извори можат да користат одредбите од стандардот MKC HD 60364-1.

### II.3 ТТ-системи

#### Член 12

- (1) Нисконапонските ТТ-системи имаат само една директно заземјена точка, а изложените спроводни делови се поврзуваат за заземјувачи што не се поврзани со заземјувачите на системот за енергетско напојување. Вообичаено е директно да биде заземјена неутралната точка на нисконапонската страна на напојниот трансформатор среден/низок напон, односно ѕвездиштата на генераторите. Заштитниот спроводник може да биде заземјен во повеќе точки. Шематски приказ на нисконапонски ТТ-систем со групен заземјувачки систем и со поединечен заземјувач е прикажан на сликата II.4.



Слика II.4 Шематски приказ на ТТ-систем со еден нисконапонски извор

#### Член 13

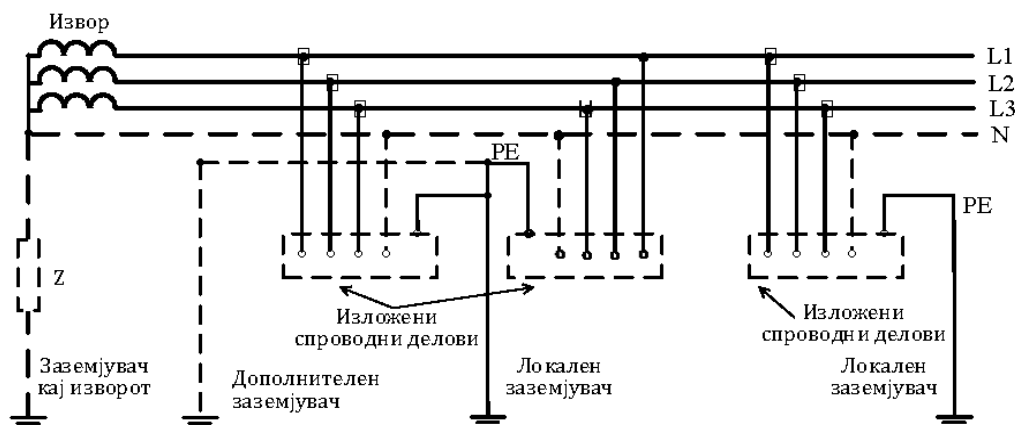
- (1) При проектирање на ТТ-систем што се напојува од повеќе извори можат да користат одредбите од стандардот МКС HD 60364-1.

### II.4 IT-системи

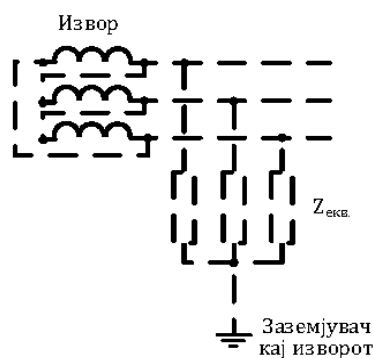
#### Член 14

- (1) Кај нисконапонските IT-системи сите делови под напон се изолирани од земја или една точка е поврзана со земја преку доволно голема импеданција  $Z$ . Изложените спроводни делови се заземјуваат колективно, групно или поединечно. На сликата II.5 е прикажано групно и поединечно заземјување.
- (2) Импеданцијата  $Z$  се определува имајќи ги предвид следниве аспекти:
- 1) Од сите заземјувачи со кои се поврзани изложените спроводни делови ќе го избереме оној чија отпорност е најголема и ќе го наречеме меродавен.
  - 2) Ако номиналниот фазен напон на мрежата е  $U_0$ , а највисоката вредност на трајно дозволеениот напон на допир е  $U_{\text{дозв.}}$ , односот меѓу импеданцијата  $Z$  и отпорноста на меродавниот заземјувач треба да не биде помал од  $(U_0 - U_{\text{дозв.}}) / U_{\text{дозв.}}$ .
- (3) Преку импеданцијата  $Z$  со земја може да се поврзе неутралната точка на изворот (како на сликата II.5) или еден од фазните спроводници (оваа врска не е прикажана на сликата II.5). Во случаите кога изворот нема неутрална точка (на пример, кога фазните намотки на изворот се поврзани во триаголник), врска со земја може да се оствари и со формирање вештачка неутрална точка, како што е прикажано на сликата II.6. За определување на големината на еквивалентната (или резултантната) импеданција  $Z_{\text{екв.}}$  од сликата II.6, при системска фреквенција, важи истиот критериум како и за импеданцијата  $Z$  прикажана на сликата II.5.

- (4) Доколку во мрежата се применува колективно или групно заземјување се препорачува заштитниот спроводник да се заземјува на повеќе места.



Слика II.5 Шематски приказ на IT-систем во кој изложените спроводни делови се заземјени групно или поединечно



Слика II.6 Формирање вештачка неутрална точка

### III Заштита од електричен удар

#### III. 13 Заштита од директен допир

##### Член 15

- (1) Основната заштита се обезбедува со тоа што се преземаат мерки да се оневозможат непосреден допир со деловите под напон. За тоа да се постигнат неизолираните спроводници под напон се:
- 1) поставуваат на доволно големо растојание од луѓе и животни;
  - 2) поставуваат зад заштитни бариери (пречки, мрежи или слично) или во куќишта;
  - 3) прекриваат со соодветна изолација (основна изолација).
- (2) Основната изолација одговара на номиналниот напон на мрежата.

##### Член 16

- (1) Мерките за основна заштита обезбедуваат заштита при нормални услови и се применуваат каде што се специфицирани како дел од избраната заштитна мерка. Изолацијата е наменета за заштита од допир со деловите под напон. Деловите под напон треба да бидат целосно покриени со изолација која единствено може да биде отстранета со уништување.
- (2) Изолацијата за електрична опрема треба да биде во согласност со релевантниот стандард за соодветната опрема.



**Член 17**

- (1) Барьерите или куќиштата се наменети за спречување допир со делови под напон. Деловите под напон треба да бидат сместени во куќишта или позади бариери коишто обезбедуваат степен на заштита од најмалку IPXYB или IP2Y, освен кога се појавуваат поголеми отвори потребни за замена на делови. Овие отвори се потребни да обезбедат правилно функционирање и одржување на опремата (замена на светилки или осигурувачи и друго). Во овие случаи е задолжително:
- 1) да се преземат соодветни заштитни мерки за да се спречи ненамерен допир со деловите под напон од страна на луѓе или добиток;
  - 2) да се обезбеди, колку што е изводливо, луѓето да бидат информирани дека деловите под напон може да се допрат преку отворот и дека тие делови не смеат намерно да се допираат;
  - 3) отворот да биде со најмали димензии со кои се овозможува правилно одржување на опремата и замена на дел.

**Член 18**

- (1) Хоризонталните горни површини на бариери или куќишта, што се лесно пристапни, мора да обезбедат степен на заштита од најмалку IPXYD или IP4Y.

**Член 19**

- (1) Барьерите и куќиштата треба да бидат солидно прицврстени на местото каде се поставени и да имаат доволна стабилност и издржливост за да ги одржат бараните степени на заштита и соодветно одделување од деловите под напон при услови на нормална работа, имајќи ги предвид релевантните надворешни влијанија.

**Член 20**

- (1) Во среднонапонскиот дел на трансформаторските станици среден/низок напон, кога е неопходно да се отстранат барьерите, или да се отворат куќиштата, или да се отстранат делови од куќиштата, тоа да може да биде изводливо само:
- 1) со користење на соодветен алат, или
  - 2) после исклучување на напојувањето на деловите под напон, за кои барьерите и куќиштата овозможуваат заштита, а повторното вклучување на напојувањето да биде можно единствено после повторно поставување на барьерите или затворањето на куќиштата.

**Член 21**

- (1) Ако зад барьерата или во куќиштето се инсталирани делови на опрема што можат да задржат опасни електрични полнежи после нивното исклучување (кондензатори и др.), потребно е да се стави соодветна табличка со предупредување. Мали кондензатори што се користат за гаснење електричен лак, за забавување на реакцијата на релеи, итн., не треба да се сметаат за опасни.

**Член 22**

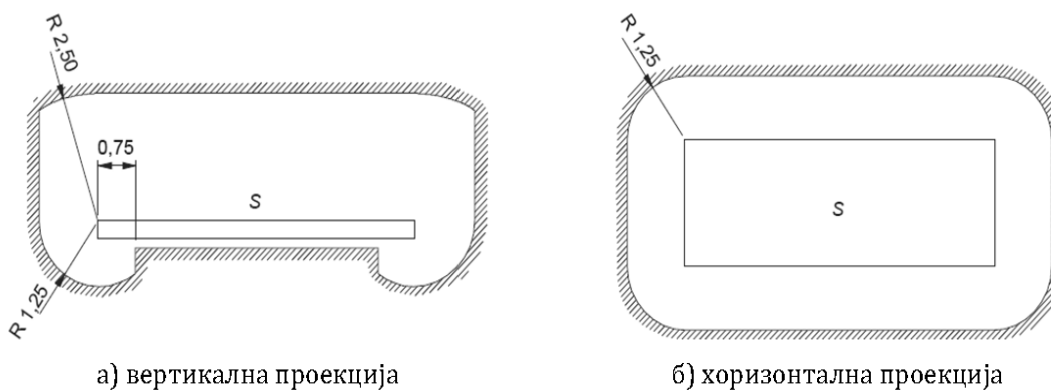
- (1) Заштитните мерки со бариери и поставување надвор од дофат е дозволено да се користат само во постројки каде што имаат пристап:
- 1) искусни или обучени лица, или
  - 2) лица под надзор на искусни или обучени лица.

**Член 23**

- (1) Бариерите се наменети да спречат ненамерен допир со деловите под напон, но не се наменети за спречување смислен контакт преку намерно заобиколување на бариерата.
- (2) Доколку бариерите можат да се отстранат без употреба на клуч или алат, треба да биде оневозможено ненамерно отстранување.

**Член 24**

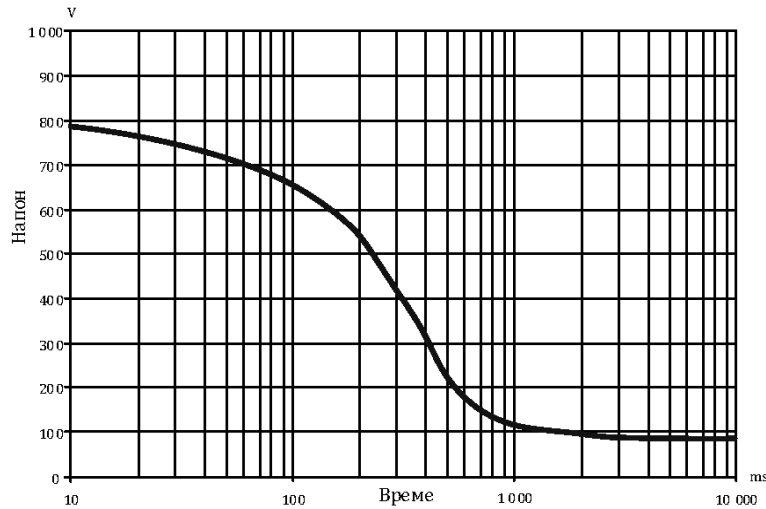
- (1) Заштитната мерка поставување надвор од дофат е наменета единствено за спречување ненамерен допир на делови под напон.
- (2) Истовремено достапни делови, што се наоѓаат на различни потенцијали, не смеат да бидат на дофат на рацете.
- (3) На сликите III.1.a и III.б се дефинирани зоните на дофат со раце за вертикална и хоризонтална проекција, соодветно. На тие слики со  $S$  е означена површината што се очекува да биде користена од луѓе.
- (4) Два дела се сметаат дека се достапни ако растојанието помеѓу нив е помало од 2,5m (зона на дофат на раце, прикажана на сликата III.1.a).
- (5) Доколку нормално користениот простор е ограничен во хоризонтална насока со бариера (на пример сограда или мрежа) која овозможува степен на заштита понизок од IPXYB или IP2Y, тогаш растојанието до бариерата треба да биде продолжено. Во зона над главата, дофатот на рацете е 2,5m од површината  $S$  (слика III.1.a), не земајќи предвид било каква меѓубариера која овозможува степен на заштита понизок од IPXYB.
- (6) Вредностите за растојанијата дефинирани за дофат на раце се однесуваат на директен допир со голи раце, без помош на алати или скали. На места каде се ракува со големи или долги спроводни предмети, растојанието од 2,5 m треба да се зголеми, земајќи ги предвид релевантните димензии на тие предмети.



Слика III.1 Зона на дофат со раце

**III.2 Заштита при дефекти (заштита при индиректен допир)****Член 25**

- (1) Во постројките за номинален напон повисок од 1000 V вредноста на највисокиот дозволен напон на допир ( $U_{\text{дозв.}}$ ) не смее да ги надмине вредностите од одредбите 5.4 од стандардот МКС EN 50522. Највисокиот дозволен напон на допир зависи од времетраењето на струјата низ човечкото тело и зависноста е прикажана на сликата III.2.
- (2) Во постројките од ставот (1), кога времето на постоење струја низ човечкото тело е подолго од 10 s се зема дека највисоката вредност на дозволениот напон на допир е 80 V.



Слика III.2 Највисоки дозволени вредности на напонот на допир за мрежи и постројки со номинален напон повисок од 1000 V

#### Член 26

- (1) Највисоката вредност на дозволениот напон на допир  $U_{\text{дозв}}$  во нисконапонските мрежи е 65 V.

#### Член 27

- (1) Во случај на дефектизаштитата треба да спречи да настанат опасни состојби до кои може да дојде при допир на човек или животно со изложени спроводни делови. Заштита од струјашто е последица на каков и да е дефект треба да се:
- 1) спречи струјата да минува низ тело на човек или животно;
  - 2) ограничи интензитетот на струјата на вредности што не се опасни ако струјата минува низ тело на човек или животно;
  - 3) ограничи времетраењето на струјата на безопасен временски интервал ако струјата минува низ тело на човек или животно.

#### Член 28

- (1) Спроводници што нормално не се под напон, и сите други делови во кои може да има струја при дефект, треба да бидат способни да ја поднесат таа струја без температурата да им достигне недоволни вредности.
- (2) Електричните уреди и спроводници треба да имаат механичка заштита од електромеханички напрегања што се последица на струја при дефект. Таа заштита е неопходна за да се спречат повреди и штети кај луѓе, животни и имот.
- (3) Спроводници што се нормално под напон треба да бидат заштитени од прекумерни струи што настануваат при куси врски при преоптоварување.

#### Член 29

- (1) Изложени спроводни делови треба да бидат поврзани со заштитниот спроводник водејќи сметка за специфични услови што се применуваат во конкретниот тип на нисконапонски систем. Карактеристиките на спроводниците на земјоводите треба да бидат во согласност со одредбите 542.3 од стандардот МКС HD 60364-5-54.
- (2) Изложени спроводни делови што можат едновременно да бидат допрени треба да бидат поврзани за истиот заземјувачки систем.
- (3) Во трансформаторските станици среден/низок напон се изведува изедначување на потенцијалите според стандардот МКС HD 60364-4-41.

### III.3 Автоматско исклучување на напојувањето во случај на куса врска или внатрешен дефект

#### Член 30

- (1) Во TN и TT-системите, во случај на куса врска со занемарлива импеданција помеѓу фазниот спроводник и изложените спроводни делови (т.е. внатрешен дефект) или помеѓу фазниот и заштитниот спроводник на струјното коло, заштитниот уред треба автоматски да го прекине напојувањето на фазниот спроводник. Заштитниот уред треба да ги задоволи условите наведени во членот 36 за TN системите и членот 47 за TT системите.
- (2) При куса врска од ставот (1) напонот на допир на изложените спроводни делови мора да биде во согласност со членот 24.
- (3) За ограничување на висината на напонот на допир може да се применат заштитните мерки наведени во членот 48.
- (4) Во IT-системите не е задолжително да се бара автоматско исклучување на напојувањето при појава на прв внатрешен дефект, но треба да се води сметка за спречување на можните опасни состојби при настанување на втор внатрешен дефект.

#### Член 31

- (1) Во постројките за номинален напон повисок од 1000 V, во кои спаѓаат и трансформаторските станици среден/низок напон, времето за кое заштитата треба да дејствува треба да биде во согласност со очекуваната вредност на напонот на допир.
- (2) Во постројките од ставот (1), во случај на спој со занемарлива импеданција помеѓу фазниот спроводник и изложените спроводни делови или помеѓу фазниот и заштитниот спроводник на струјното коло, за да се оцени дали заштитата по пат на автоматско исклучување на напојувањето е ефикасна, најнапред, треба да се определат:
  - 1) највисоката очекувана вредност на напон на допир;
  - 2) времето на дејствување на заштитата;
  - 3) највисоката вредност на дозволениот напон на допир, за времето еднакво на времето на дејствување на заштитата, определена од дијаграмот на сликата III.2.
- (3) Заштита е ефикасна доколку определената највисока очекувана вредност на напонот на допир не е повисока од, за дадените услови, определената највисока вредност на дозволе-ниот напон на допир.

### III.4 Заштита во TN-системи

#### Член 32

- (1) Кога во една мрежа е применет TN-систем, тогаш во напојната трансформаторска станица среден/низок напон, во разводните ормани во нисконапонската мрежа и во главните разводни ормани во објектите е задолжително да се стави видно предупредување дека е применет TN-систем.

#### Член 33

- (1) На заштитниот и заштитно-неутрален спроводник во TN-системите не смеат да се поставуваат уреди за прекинување (прекинувачи, осигурувачи, разделувачи, и слично).

#### Член 34

- (1) Кај сите варијанти на TN-системи неутралниот спроводник (односно заштитно-неутралниот спроводник) се:
  - 1) поврзува со заземјената неутрална точка на изворот;
  - 2) заземјува на повеќе месташто се колку што е можно порамномерно распределени во нисконапонската мрежа и

3) поврзува со заземјувачи на напојуваните објекти.

#### Член 35

- (1) По правило, секој нов објект (зграда) треба да има темелен заземјувач со кој се поврзува неутралниот спроводник, односно заштитно-неутралниот спроводник на нисконапонската мрежа. Отпорноста на распростирање на тие заземјувачи не е строго ограничена. Исклучок се објектите што се наоѓаат на крајот на нисконапонски вод, а неутралниот спроводник (односно заштитно-неутралниот спроводник) на изводот не е поврзан со ниен од неутралните спроводници на другите изводи од истата трансформаторска станица среден/низок напон или од адекватните трансформаторски станици среден/низок напон. Ако таков објект нема темелен заземјувач, ниту во него се спроведени мерки за изедначување на потенцијалот, неговиот заземјувач не смее да има отпорност поголема од  $10\Omega$ .

#### Член 36

- (1) Дозволено е поврзување на неутралните спроводници на соседните нисконапонски изводи од истата трансформаторска станица среден/низок напон, како и поврзување на неутралните спроводници на нисконапонските изводи на адекватните трансформаторски станици среден/низок напон, под услов неутралните спроводници што се поврзуваат да се од ист материјал и да имаат еднакви плоштини на напречните пресеци или да имаат две соседни стандардни плоштини на напречните пресеци. Доколку треба меѓусебно да се поврзат неутрални спроводници што не се од ист материјал, нивните електрички карактеристики треба да не се разликуваат повеќе отколку што е дозволено за неутрални спроводници од ист материјал и соседни стандардни плоштини на напречни пресеци.

#### Член 37

- (1) Правилното функционирање на TN-систем зависи од тоа колку доверливо и ефикасно со земја е поврзан заштитно-неутралниот спроводник или заштитниот спроводник. При тоа треба да се води сметка за следниве услови:
- 1) Заштитно-неутралниот спроводник се заземјува на повеќе места за да се минимизираат последиците од неговиот евентуален прекин.
  - 2) Заземјувањето на заштитно-неутралниот спроводник во дополнителни точки, распределени во мрежата колку што е можно порамномерно, може да биде неопходно за, во случај на спој меѓу тој спроводник и еден или повеќе фазни спроводници, да се обезбеди потенцијалот на заштитниот спроводник да остане колку што е можно поблиску до потенцијалот на земјата.
  - 3) Ако во близина на нисконапонската мрежа постојат други заземјени спроводници или спроводни структури, се препорачува тие да се поврзат со заштитно-неутралниот спроводник.
  - 4) Доколку заземјен спроводник (или спроводна структура, од точката 3)), што не е поврзан со заштитно-неутралниот спроводник, дојде во контакт со фазен спроводник (слика III.3), напонот во однос на земја на заштитно-неутралниот спроводник (и на изложените спроводни делови поврзани со него) може да стане повисок од најголемата дозволена вредност на напонот на допир. За до тоа да не дојде треба да се обезбеди соодветен заземјувач или заземјувачки систем со кој се заземјува заштитно-неутралниот спроводник. Условот што треба да го задоволи еквивалентната отпорност на сите заземјувачи со кои е заземјен заштитно-неутралниот спроводник може да се изрази со релацијата:

$$\frac{R_{PEN}}{R_E} \leq \frac{U_{\text{дозв.}}}{U_0 - U_{\text{дозв.}}},$$

каде:

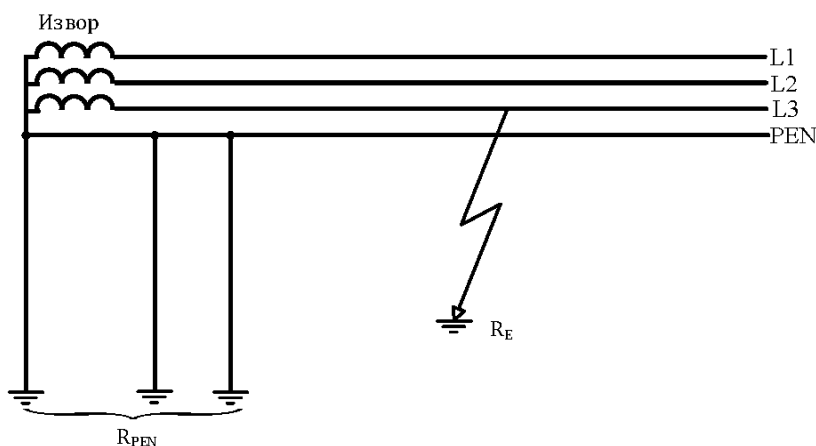
$R_{PEN}$  е еквивалентна отпорност на сите заземјувачи со кои е заземјен заштитно-неутралниот спроводник на нисконапонската мрежа;

$R_E$  е најмалата отпорност преку која се поврзани со земја спроводни делови што не се поврзани со заштитно-неутралниот спроводник, но кои при дефект можат да бидат поврзани со фазен спроводник;

$U_{\text{дозв.}}$  е најголемата дозволена вредност на напонот на допир;

$U_0$  е номинален фазен напон на нисконапонската мрежа.

- (2) Со цел да се обезбеди компатибилност на заштитата во мрежата и инсталациите во објектите, операторот на мрежата на која се поврзуваат објектите ги дефинира условите за поврзување на инсталацијата со јавната мрежа, во согласност со мрежните правила за дистрибуција за електрична енергија на операторот.



Слика III.3 Спој на фазен спроводник со заземјен спроводник во TN-C-систем

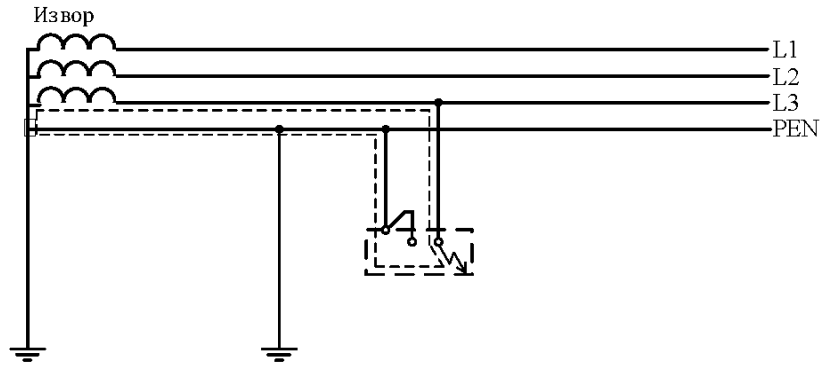
### Член 38

- (1) За заштитата во TN-системот да биде ефикасна, струјата што настанува при куса врска на фазен со неутрален или заштитен спроводник (односно преку изложени спроводни делови – т.е. при внатрешен дефект – како што е прикажано на сликата III.4), треба да биде поголема од струјата при којашто сигурно ќе дејствува припадниот уред за заштита од прекумерна струја (независно од неговиот тип). За тоа да се обезбеди треба импеданцијата на целата контура на кусата врска ( $Z_{\text{контура}}$ ) да не биде поголема од вредноста што се добива кога номиналниот напон меѓу фазниот спроводник и земја ( $U_0$ ) се подели со интензитетот на струјата  $I_{\text{дејств.}}$ , при која заштитниот уред сигурно дејствува во прифатливо кусо време. Овој услов може да се изрази со релацијата:

$$Z_{\text{контура}} \leq \frac{U_0}{I_{\text{дејств.}}}$$

Во отсуство на други критериуми, може да се земе дека  $I_{\text{дејств.}}$  е  $k$  пати поголема од номиналната струја на заштитниот уред. Ако заштитниот уред е автоматски прекинувач вредноста на  $k$  да не биде помала од 1,25. Доколку заштитниот уред е осигурувач (автоматски или со топлив вметок) вредноста на  $k$  треба да не биде помала од 2,5.

- (2) При определување на импеданцијата на контурата на кусата врска од ставот (1) треба да се земат предвид:
- 1) нисконапонскиот извор,
  - 2) фазниот спроводник од изворот до точката на кусата врска и
  - 3) заштитно-неутралниот спроводник од точката на кусата врска до изворот.



Слика III.4 Контура во која настанува струјаво TN-C-систем приспособен на фазен спроводник со изложени спроводни делови

#### Член 39

- (1) За заштита при внатрешен дефект (т.е. заштита при индиректен допир) во TN-системите можат да се користат уреди за заштита од прекумерни струи или уреди за заштита од диференцијални струи.
- (2) Уредите за заштита од диференцијални струи не можат да се користат во TN-C-системите.

#### Член 40

- (1) Во кабелска нисконапонска мрежа, изведена како TN-систем, неутралниот спроводник (односно заштитно-неутралниот спроводник) се поврзува со:
  - 1) метални кабелски разводни ормани и приклучни кутии,
  - 2) металните и армиранобетонските столбови на јавното осветление и сообраќајната сигнализација,
  - 3) металните плаштови и арматурите на каблите и металните кабелски глави.

#### Член 41

- (1) Надземната нисконапонска мрежа изведена со самоносиви кабли, во која е применет TN-систем, треба да ги задоволи истите услови како и подземната кабелска мрежа.

#### Член 42

- (1) Во TN-системот заштитно-неутралниот спроводник на надземната нисконапонска мрежа, покрај тоа што се заземјува кај напојната трансформаторска станица, се заземјува и на секој огранок подолг од 200 m. За тоа е потребен најмалку еден заземјувач на крајот на огранокот, но се препорачува да се употребат повеќе заземјувачи рамномерно распоредени по должината на огранокот. При тоа еквивалентната отпорност на сите заземјувачи со кои е поврзан заштитно-неутралниот спроводник на нисконапонската мрежа, мерена кај напојната трансформаторска станица без одвојување на заземјувачот на трансформаторската станица, не смее да биде поголема од 5  $\Omega$ .

#### Член 43

- (1) Во TN-системот, кај нисконапонските надземни водови распоредот на спроводниците на главата на столбот треба да е таков што неутралниот спроводник да биде во иста рамнина со фазните спроводници или да биде под нив.

#### Член 44

- (1) На столбовите од надземна нисконапонска дистрибутивна мрежа можат да се водат и спроводниците за јавно осветление.

**Член 45**

- (1) Во надземна нисконапонска мрежа со неутралниот спроводник мора да се поврзат металните и армиранобетонските столбови, металните приклучни кутии и кабелските глави на кабелски приклучоци.
- (2) По исклучок од ставот (1), столбовите не се поврзуваат со неутралниот спроводник ако водовите се изведени со изолирани спроводници и ако на столбот нема опрема за приклучување, гранања и слично.

**Член 46**

- (1) Ако на исти столбови се наоѓаат спроводници на среден и низок напон, заштитните мерки од превисок напон на допир и чекор се применуваат во согласност со важечките прописи за техничките нормативи за изградба на надземни електроенергетски водови третирајќи ги столбовите како делови на среднонапонски вод, без оглед дали во нисконапонската мрежа е применет TN-системот или TT-системот.

**III.5 Заштита во TT-системи****Член 47**

- (1) Сите изложени спроводни делови, што колективно се заштитуваат со ист заштитен уред, треба со заштитни спроводници да се поврзат со еден заземјувач или заземјувачки систем. Кога неколку заштитни уреди се користат во серија, ова барање се применува сепаратно за сите изложени спроводни делови заштитувани со секој од заштитните уреди.
- (2) Неутралната точка на нисконапонскиот извор треба да биде заземјена. Доколку неутралната точка не е изведена или не е достапна, треба да се заземји еден од фазните спроводници.
- (3) Изложените спроводни делови на еден објект можат да бидат поврзани преку заштитен спроводник со поединечен заземјувач.

**Член 48**

- (1) За заштита при внатрешни дефекти можат да се користат уреди за заштита од прекумерни струи доколку се обезбеди соодветно ниска вредност на импеданцијата на контурата на дефектот, и тоа перманентно.

**Член 49**

- (1) Кога за заштита при внатрешен дефект се користи заштитен уред за прекумерна струја треба да биде задоволен условот:

$$Z_{\text{контура}} \cdot I_{\text{дејств}} \leq U_0, \text{ односно}$$

$$Z_{\text{контура}} \cdot k \cdot I_{\text{ном.ос.}} \leq U_0,$$

каде

$Z_{\text{контура}}$  е импеданција на контурата во која се воспоставува струја при внатрешниот дефект и со која се опфатени: заземјувачот на изворот, изворот, фазниот спроводник до местото на дефектот, заштитниот спроводник на изложените спроводни делови, земјоводот и заземјувачот поврзан со изложените спроводни делови (слика III.5);

$I_{\text{дејств.}}$  е струја при која заштитниот уред сигурно дејствува во прифатливо кусо време;

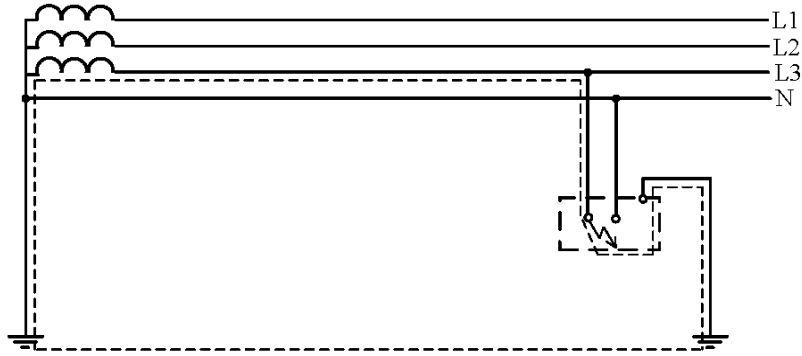
$I_{\text{ном.ос.}}$  е номиналната струја на заштитниот уред;

$k \geq 1,25$  за автоматски прекинувачи;

$k \geq 2,5$  за осигурувачи (автоматски или со топлив вметок);

$U_0$  е номинален напон на фазен спроводник во однос на земја.





Слика III.5 Контура во која настанува струја во TT-систем при спој на фазен спроводник со изложени спроводни делови

#### Член 50

- (1) Во TT-системите, кабелски разводни ормани, кабелски приклучни кутии, столбови за јавно осветление и сообраќајната сигнализација, металните и армиранобетонските столбови на нисконапонската надземна мрежа, приклучните кутии и кабелски глави на кабелски приклучоци на надземната мрежа, не можат рационално да се заштитуваат со користење на поединечни заземјувачи. Затоа за заштита на овие елементи на нисконапонската мрежа се применува барем една од следниве заштитни мерки:
- 1) заштитно изолирање (со користење кабелски приклучни кутии, кабелски глави и слични елементи изолирани со синтетичка изолација);
  - 2) изолирање стојалишта со широчина од најмалку 1,25 m (со асфалтирање или со посипување со крупен слабоспроводен чакал);
  - 3) обликување на потенцијалот (со поставување на заземјувач на растојание од 1 m и на длабочина од 0,5 m);
  - 4) поврзување со близок групен заземјувач.

#### Член 51

- (1) Во TT-системот кај нисконапонските надземни водови распоредот на спроводниците на главата на столбот треба да е таков што неутралниот спроводник да биде во иста рамнина со фазните спроводници или да биде под фазните спроводници.

### III.6 Заштита во IT-системи

#### Член 52

- (1) Во случај на прв дефект меѓу фазен спроводник и изложени спроводни делови или земја, во IT-системот настанува струја со мал интензитет. Поради тоа не е неопходно автоматско исклучување на напојувањето доколку е исполнет условот од ставот (2). Меѓутоа, треба да бидат преземени мерки за да се избегнат штетни патофизиолошки ефекти на лица во допир со симултано достапни изложени спроводни делови, во случај на едновремено постоење на два дефекта.
- (2) Изложени спроводни делови треба да бидат заземјени посебно, групно или колективно. Притоа, и во случај кога неутралната точка на нисконапонскиот систем или фазниот спроводник се заземјени преку доволно голема импеданција, треба да биде задоволен следниов услов:

$$R_A \cdot I_{\text{прв дефект}} \leq U_{\text{дозв.}}$$

каде

$R_A$  е сума на активни отпорности на заземјувачот и на заштитниот спроводник од заземјувачот до изложените спроводни делови;

$I_{\text{прв дефект}}$  е струја при прв дефект (внатрешен дефект) преку занемарлива импеданција помеѓу фазен спроводник и изложени спроводни делови;

$U_{\text{дозв.}}$  е највисоката вредност на трајно дозволениот напон на допир.

### Член 53

- (1) Кога ИТ-системот се користи со цел да се обезбеди континуирано напојување треба да се обезбеди уред за надзор на изолацијата што ќе даде сигнал за настанување на прв внатрешен дефект (меѓу деловите под напон и изложените спроводни делови или земјата). Тој уред треба да активира звучен и/или визуелен сигнал, што ќе трае сè додека трае дефектот.
- (2) Доколку постојат и визуелен и звучен сигнал, дозволено е звучниот сигнал да се сопре.
- (3) Се препорачува првиот дефект да се елиминира за најкусоможно време.

### Член 54

- (1) Кога во ИТ-систем не е изведен неутрален спроводник и по појавата на прв внатрешен дефект ќе настане втор внатрешен дефект – на друг фазен спроводник, ако изложените спроводни делови се меѓусебно споени со заштитен спроводник и колективно се заземјени со еден заземјувачки систем, условот за автоматско исклучување на напојувањето е изразен со релацијата

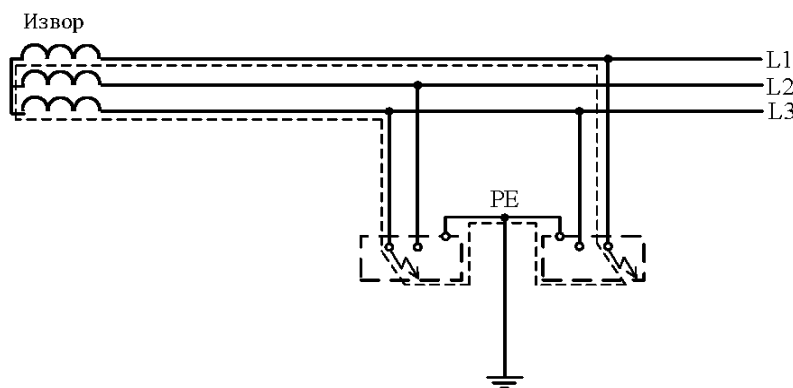
$$I_{\text{дејств.}} \cdot Z_{\text{контура}} \leq U,$$

каде

$I_{\text{дејств.}}$  е најмалата струја при која исклучува заштитниот уред;

$Z_{\text{контура}}$  е импеданција на контурата во која се воспоставува струја по вториот внатрешен дефект (слика III.6), при што треба да се земе предвид најнеповолниот случај;

$U$  е номинален меѓуфазен напон.



Слика III.6 Контура во која настанува струја при втор внатрешен дефект во ИТ-систем без неутрален спроводник и изложените спроводни делови се заземјуваат колективно

## III.7 Заштита при дефект во нисконапонска мрежа во која има делови изградени според TN-системот и делови изградени според TT-системот

### Член 55

- (1) Во една нисконапонска мрежа со номинален напон до 400 V може да се дозволи да има делови изведени според TN-системот и делови изведени според TT-системот – само ако се исполнети условите наведени во овој оддел.
- (2) Во нисконапонската мрежа, во која има делови изведени според TN-системот и делови изведени според TT-системот, доколку при спој на фазен спроводник со изложени

спроводни делови, во кој и да е дел изведен според ТТ-системот (слика III.7), напонот на неутралниот спроводник на нисконапонската мрежа не смее да биде повисок од највисоката вредност на дозволения напон на допир.

#### Член 56

- (1) Ако во една нисконапонска мрежа еден дел е изграден според TN-системот, а друг дел според ТТ-системот каде изложените спроводни делови се поврзани за поединечни, групни или колективни заземјувачи, во таа мрежа ќе биде задоволен условот од ставот (2) на членот 55 само доколку е исполнет условот:

$$R_{\text{еквивалентна}} \leq \frac{U_{\text{дозв.}}}{U_0 - U_{\text{дозв.}}} \cdot R_{\text{најмала поединечна}},$$

каде

$R_{\text{еквивалентна}}$  е еквивалентната отпорност на системот што го сочинуваат сите заземјувачи со кои галвански е поврзан неутралниот спроводник на нисконапонската мрежа (при што се земени предвид како заземјувачите во трансформаторската станица среден/низок напон така и сите други заземјувачи со кои е поврзан неутралниот спроводник);

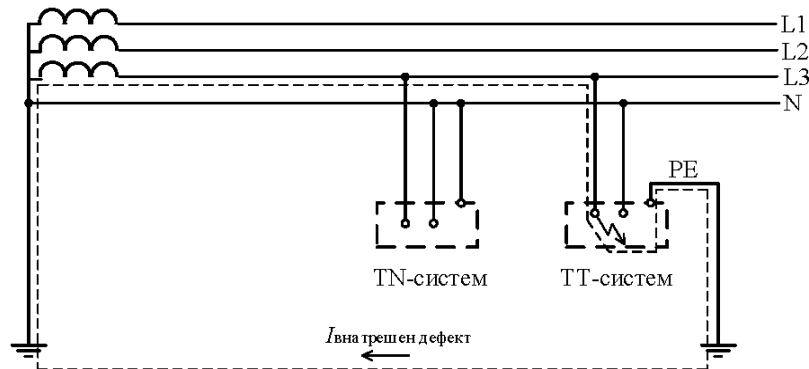
$R_{\text{најмала поединечна}}$  е најмалата од сите отпорности на заземјувачите со кои се поврзани изложените спроводни делови (поединечно, групно или колективно) во делот од мрежата изведен како ТТ-систем;

$U_{\text{дозв.}}$  е најголемата вредност на дозволения напон на допир;

$U_0$  е номиналниот фазен напон на нисконапонската мрежа.

- (2) За  $U_0 = 230 \text{ V}$  и  $U_{\text{дозв.}} = 65 \text{ V}$  од равенството во ставот (1) се добива:

$$R_{\text{еквивалентна}} \leq \frac{R_{\text{најмала поединечна}}}{2,5}.$$



Слика III.7 Контура на струја при внатрешен дефект во делот изведен според ТТ систем

#### Член 57

- (1) Ако во една нисконапонска мрежа е применет TN-системот, а во друга нисконапонска мрежа е применет ТТ-системот, неутралните спроводници на овие две мрежи можат меѓусебно да се поврзат доколку е исполнет условот од членот 56. Овој услов треба да биде исполнет пред меѓусебно да се поврзат неутралните спроводници на наведените нисконапонски мрежи. При тоа, неутралните спроводници треба да се од ист материјал и да имаат еднакви плоштини на напречните пресеци или да имаат две соседни стандардни плоштини на напречните пресеци. Доколку треба меѓусебно да се поврзат неутрални спроводници што не се од ист материјал, нивните електрични карактеристики треба да не се разликуваат повеќе отколку што е дозволено за неутрални спроводници од ист материјал и соседни стандардни плоштини на напречни пресеци.

- (2) Кога во една нисконапонска мрежа е задоволен условот  $R_{\text{еквивалентна}} \leq 0,20 \Omega$  во таа мрежа е дозволено покрај делови изведени според TN-системот да има и делови изведени според TT-системот со заземјување со помош на поединечни заземјувачи, без да се проверува колкава е отпорноста на заземјување на одделни заземјувачи.
- (3) Ако нисконапонската мрежа е изведена според TN-системот и ако во таа мрежа е исполнет условот  $R_{\text{еквивалентна}} \leq 0,20 \Omega$  нејзиниот неутрален спроводник може да се поврзе со неутралните спроводници на соседните нисконапонски мрежи независно од тоа дали тие мрежи се изведени според TN-системот или TT-системот. При тоа, неутралните спроводници што се поврзуваат треба да се од ист материјал и да имаат еднакви плоштини на напречните пресеци или да имаат две соседни стандардни плоштини на напречните пресеци. Доколку треба меѓусебно да се поврзат неутрални спроводници што не се од ист материјал, нивните електрични карактеристики треба да не се разликуваат повеќе отколку што е дозволено за неутрални спроводници од ист материјал и соседни стандардни плоштини на напречни пресеци.

#### Член 58

- (1) Кон нисконапонска мрежа изведена според TT-системот, во која изложените спроводни делови се поврзани со поединечни заземјувачи, можат да се приклучат и објекти со инсталации изведени според TN-системот доколку во секој од тие објекти:
- 1) инсталацијата е изведена со одделен заштитен спроводник (т.е. како кај TN-S-системите),
  - 2) постои темелен заземјувач со кој се поврзува неутралниот спроводник и
  - 3) е спроведено изедначување на потенцијалот.

#### Член 59

- (1) Доколку не е задоволен ни еден од условите наведени во овој оддел, не е дозволено во една нисконапонска мрежа да има делови изведени според TN-системот и делови изведени според TT-системот.

### IV Заземјувачи во трансформаторски станици среден/низок напон

#### IV.1 Општи услови за заземјувачи во трансформаторски станици среден/низок напон

#### Член 60

- (1) Со соодветно проектирање, изведување, одржување и мерење, заземјувачите и заземјувачките системи треба да обезбедат заштита на луѓето и животните од превисоки напони на допир и чекор кај трансформаторските станици, на сите места каде лугето или животните имаат пристап.
- (2) Заземјувачите треба да обезбедат исправно и непречено функционирање на електричната опрема која е поврзана со нив или се наоѓа во нивна близина.
- (3) Подетални упатства за проектирање на заземјувачки системи се дадени во петтото поглавје на стандардот МКС EN 50522.

#### Член 61

- (1) Заземјувачите треба да бидат проектирани да ги исполнат барањата во поглед на методите на заземјување на неутралната точка на среднонапонската мрежа, да ги издржат механичките и термички напрегања што се резултат на струите на куси врски (односно земјоспојот), да обезбедат заштита од високи напони на допир и чекор, а во согласност со одредбите 5.4 од стандардот МКС EN 50522 и потпоглавјето II.2 на овој Правилник.

**Член 62**

- (1) Начинот на заземјување на неутралната точка го определува интензитетот на струјата на земјоспој и нејзиното времетраење.
- (2) Уште повеќе, начинот на заземјување на неутралната точка е важен во поглед на: изборот на нивото на изолација, карактеристиките на уредите за ограничување на пренапони (како искришта или одводници на пренапон), изборот на заштитните релеи и проектирање на заземјувачкиот систем.
- (3) Изборот на типот на заземјување на неутралната точка се базира на следните критериуми: локална регулатива, континуитетот на снабдување со електрична енергија, ограничување на оштетувања на опремата предизвикани од струи на доземни куси врски, селективно елиминирање на дефектните секции од мрежата, детекција на местото на дефект, висината на напони на допир и чекор, индуктивните влијанија и аспекти поврзани со работата и одржувањето на мрежата.
- (4) Во еден галвански поврзан среднапонски систем се применува само еден начин на заземјување на неутралната точка. Во галвански независните системи можат да се применуваат различни начини на заземјување на неутралната точка.
- (5) Ако во нормални или абнормални работни услови можат да настанат конфигурации со различни начини на заземјување на неутралната точка, тогаш опремата и заштитните уреди треба да бидат проектирани нормално да работат во овие услови.

**Член 63**

- (1) Мрежите и заземјувачите треба да бидат проектирани, конструирани и изведени за сигурно да ги издржат механичките и термичките напрегања што се резултат на струите на куси врски.
- (2) Целта е да се одреди најлошото можно сценарио на куса врска. Следните типови на куси врски треба да се земат предвид за секое напонско ниво што е застапено во мрежата:
  - 1) трифазна куса врска;
  - 2) двофазна куса врска со земја;
  - 3) куса врска на фаза со земја (земјоспој);
  - 4) куса врска на две фази преку земја.
- (3) Треба да се разгледуваат куси врски на различни локации за да се определи најнеповолниот случај. Симултани куси врски на различни напонски нивоа не се разгледуваат.
- (4) Мрежите треба да бидат заштитени со автоматски уреди коишто ќе ги исклучат струите при трифазните и двофазните куси врски.
- (5) Мрежите треба да бидат заштитени со автоматски уреди коишто ќе го исклучат напојувањето при појава на земјоспој или само ќе го сигнализираат неговото настанување. Изборот на автоматскиот уред зависи од начинот на заземјување на неутралната точка.

**Член 64**

- (1) Опасноста по човекот произлегува од можноста струјата да минува низ или во близина на неговото срце и да предизвика вентрикуларна фибрилација. Критериумите за ограничување на опасноста по човекот се дефинирани со одредбите 4.3 од стандардот МКС EN 50522.
- (2) Граничната вредност на струјата при фреквенција од 50 Hz што предизвикува вентрикуларна фибрилација се заменува со соодветни напонски граници за да може да се споредува со пресметаните напони на допир и чекор, земајќи ги предвид следните фактори:
  - 1) делот од струјата што минува низ или во близина на срцето;
  - 2) импеданцијата на телото по должина на патеката на струјата;

- 3) отпорноста помеѓу точките на контакт со телото (на пример, отпорноста меѓу метална конструкција и рака заедно со ракавица илимеѓу стапало и земја вклучувајќи ги обувките или слојот на чакал);
  - 4) времетраење на дефектот.
- (3) Треба да се земе предвид дека појавата на дефект, интензитетот на струјата на дефект, времетраењето на дефектот, како и присуството на човек на определено место, по својата природа имаат пробабилистички (веројатностен) карактер.
  - (4) Како општо правило важи дека ако се исполнети барањата за дозволен напон на допир задоволени се и барањата за дозволен напон на чекор, бидејќи подносливиот напон на чекор е доста повисок од напонот на допир заради различната патека на струјата низ човечкото тело.
  - (5) Во случаите каде среднонапонската опрема не се наоѓа во затворена работна зона (на пример, во индустриските средини), глобалниот заземјувачки систем треба да се користи за да се спречи, при дефекти на среднонапонската опрема, во нисконапонската мрежа да настанат напони на допир повисоки од највисоката вредност дефинирана во членот 24.

#### Член 65

- (1) Деловите на заземјувачкиот систем и земјоводите, треба да ја дистрибуираат и одведуваат струјата на дефект без да се надминат границите за термичка и механичка издржливост, имајќи го предвид времето на дејствување на заштитата.
- (2) Заземјувачкиот систем треба да биде отпорен на корозија и механички дејства за времетраење на очекуваниот период на користење.
- (3) Карактеристиките на заземјувачкиот систем треба да бидат такви што ќе оневозможат оштетување на опремата поради пребрзо повишување на потенцијалот, или поради превисоки потенцијални разлики меѓу деловите на заземјувачкиот систем, или поради прекумерни струи во деловите што не се проектирани да бидат изложени на струи при дефекти.
- (4) Заземјувачкиот систем, во комбинација со соодветни мерки и уреди, треба да ги одржи напоните на допир и чекор и изнесените потенцијали во граници на дозволените вредности.

#### Член 66

- (1) Ако се исполнети условите за изведување на заедничко заземјување, тогаш, по правило, во трансформаторската станица среден/низок напон се изведува заштитно заземјување и со него се поврзуваат неутралната точка на нисконапонската страна на трансформаторот среден/низок напон и неутралниот спроводник на нисконапонската мрежа.

#### Член 67

- (1) Кон заштитниот заземјувач на трансформаторската станица среден/низок напон сеповрзуваат:
  - 1) куќиштата на среднонапонските и нисконапонските уреди како и на трансформаторот среден/низок напон;
  - 2) металните плаштови и екраните на енергетските кабли;
  - 3) секундарните струјни кола на мерните трансформатори;
  - 4) соодветните краишта на среднонапонските намотки на еднополно изолираните напонски трансформатори;
  - 5) одводниците на пренапон;
  - 6) неутралниот спроводник на нисконапонската мрежа, ако заштитното заземјување се користи како заедничко заземјување;
  - 7) други заземјувачи што можат да влијаат врз намалувањето на вкупната отпорност на заземјувачкиот систем.

## IV.2 Критериуми за димензионирање на заземјувачите во зависност од начинот на заземјување на неутралната точка во среднонапонската мрежа

### IV.2.1 Димензионирање на заземјувачите во трансформаторските станици среден/низок напонако неутралната точка на среднонапонската мрежа е заземјена преку мала отпорност

#### Член 68

- (1) Ако неутралната точка на среднонапонската мрежа, на која е приклучена трансформаторската станица среден/низок напон, е заземјена преку мала отпорност, по правило, се изведува заеднички заземјувач.
- (2) Земајќи го предвид влијанието на среднонапонските и нисконапонските кабли—како заземјувачи— како и влијанието на заземјувачите на соседните (адекватни) трансформаторски станици среден/низок напон и на заземјувачите на објектите (згради) што се врзани за неутралниот спроводник на нисконапонската мрежа, еквивалентната отпорност на така формираниот заеднички заземјувачки систем треба да го задоволи условот:

$$R_{\text{заеднички}} \leq \frac{q \cdot U_{\text{дозв.}}}{I_{\text{заземјувач}}},$$

каде што

$R_{\text{заеднички}}$  е еквивалентната отпорност на заедничкиот заземјувачки систем;

$U_{\text{дозв.}}$  е највисоката вредност на дозволеениот напон на допир;

$I_{\text{заземјувач}}$  е делот од струјата на доземната куса врска што минува низ заземјувачкиот систем;

$q$  е однос меѓу потенцијалот на заземјувачкиот систем и напонот на допир на местото на допир.

- (3) Големината на  $q$  се определува при проектирање на заземјувачкиот систем, со користење на соодветни софтверски алатки. Како општи забелешки, во стандардот МКС EN 50522 се наведуваат:
  - 1) ако заштитно-неутралниот спроводник на нисконапонскиот систем е поврзан со земја само преку заедничкиот заземјувач во трансформаторската станица среден/низок напон, тогаш вредноста на  $q$  треба да е еднаква на еден;
  - 2) типична вредност за  $q$  е 2;
  - 3) ако заштитно-неутралниот спроводник е дополнително заземјен и на други места, освен во трансформаторската станица среден/низок напон, тогаш  $q$  може да има повисока вредност од 2;
  - 4) неопходна е претпазливост кога заземјувачкиот систем е во нехомогена земја и горниот слој има поголема специфична отпорност, бидејќи во таквите случаи напонот на допир може да има вредност повисока од 50% од напонот на заземјувачкиот систем во однос на референтната земја.

#### Член 69

- (1) Ако во трансформаторската станица среден/низок напон не е исполнет условот од членот 68, работниот заземјувач треба да се изведе како посебен заземјувач и не смее да се поврзе со заштитниот заземјувач.
- (2) Според стандардот МКС EN 50522 може да се смета дека работниот и заштитниот заземјувач се ефикасно раздвоени ако при дефект во среднонапонската мрежа не се јави никаква опасност во нисконапонската мрежа, т.е. напоните на допир, чекор и стрес и изнесените потенцијали во нисконапонската мрежа остануваат во дозволените граници.

- (3) За мрежи со номинален напон понизок од 50 kV растојанието помеѓу раздвоените заземјувачки системи во многу случаи е 20 m. Но, во некои земјишни структури може да бидат соодветни поинакви растојанија.
- (4) Покрај раздвојувањето на работниот и заштитниот заземјувач, задолжително треба да бидат исполнети и следните услови:
  - 1) нисконапонските кабелски приклучоци од трансформаторската станица до првиот столб, односно приклучна кутија, треба да бидат изведени со кабли со изолиран плашт, а кабелските глави на овие приклучоци во трансформаторската станица мораат да бидат од изолационен материјал;
  - 2) во инсталацијата за сопствени потреби на трансформаторската станица не смее да се примени TN-системот;
  - 3) неутралниот спроводник во трансформаторската станица треба да биде поставен изолирано во однос на металните делови поврзани со заштитниот заземјувач.
- (5) Со мерење се проверува колку ефикасно е изведено раздвојувањето на работниот и заштитниот заземјувач, односно колкава е висината на пренесениот електричен потенцијал од едниот на другиот заземјувач.

#### Член 70

- (1) Отпорноста на работниот заземјувач, мерена во трансформаторската станица без одвојување на неутралниот спроводник на нисконапонската мрежа од работниот заземјувач, треба да ги задоволи условите на применетата заштита од превисоки напони на допир во нисконапонската мрежа и во инсталациите на потрошувачите.
- (2) Отпорноста на заштитниот заземјувач, мерена во трансформаторската станица без одвојување на останати заштитни заземјувачи што се поврзани на него, треба да биде таква што, при доземна куса врска во среднонапонскиот дел на трансформаторската станица, на заштитниот заземјувач не може да се јави напон што надминува 60% од испитниот напон на изолацијата на елементите на нисконапонскиот дел на трансформаторската станица и приклучните водови. Односно, треба да биде исполнет условот:

$$R_{\text{заштитен}} \leq \frac{1200}{I_{\text{заземјувач}}},$$

каде што

$R_{\text{заштитен}}$  е еквивалентната отпорност на заштитниот заземјувач;

$I_{\text{заземјувач}}$  е струја низ заштитниот заземјувач при доземна куса врска.

#### Член 71

- (1) Покрај исполнувањето на условите од членот 70, во случај на одвојување на работниот заштитниот заземјувач треба да се преземат дополнителни заштитни мерки во трансформаторската станица и околу неа, за да се обезбеди напоните на допир да не ги надминат дозволените вредности.
- (2) Се смета дека условите од ставот (1) се задоволени во трансформаторската станица со метални или армиранобетонски надворешни ѕидови ако постои заземјувач во темелот на кој се поврзани сите метални делови од конструкцијата и уредите во трансформаторската станица, како и надворешниот заштитен заземјувач.
- (3) Ако не е изведен темелен заземјувач, во трансформаторската станица треба да биде спроведена една од следните дополнителни заштитни мерки:
  - 1) стојалиштата за ракување треба да се од метал и треба да бидат поврзани со другите спроводливи делови, при што пристапот до стојалиштето треба да биде овозможен со изолирана патека широка најмалку 1,25 m, или



- 2) стојалиштата за ракување со уредите треба да се изолираат за најмалку двоен очекуван напон на заземјувачот, при што сите метални делови, што можат да се дофатат од местото на ракување, треба да бидат меѓусебно галвански поврзани.
- (4) Околу трансформаторската станица со метални или армиранобетонски надворешни сидови се изведува една од следните дополнителни заштитни мерки:
  - 1) изолирање на почвата во широчина од најмалку 1,25 m околу трансформаторската станица, со асфалтирање или со посипување крупен чакал, или
  - 2) обликување на потенцијалот со поставување заземјувач на одалеченост 1 m од сидот на длабочина од 0,5 m.
- (5) Изолирањето на почвата околу трансформаторската станица или обликувањето на потенцијалот е задолжително и во случај кога е изведен заземјувач во темелот.
- (6) Кај столбните трансформаторски станици среден/низок напон заштитниот заземјувач задолжително се поставува на растојание 1 m од столбот, на длабочина од 0,5 до 1,0 m. Тој се поврзува со сите метални делови што можат да се дофатат од местото за ракување.

#### Член 72

- (1) Заеднички заземјувач се изведува и кај трансформаторските станици што се наоѓаат во урбанизирани населби, каде не е можно да се изврши ефикасно одвојување на работниот од заштитниот заземјувач (заради големата густина на подземни метални инсталации, односно непостоење просторни услови).
- (2) Ако не е задоволен условот од член 68, треба да се преземат мерки со кои во среднонапонската мрежа струјата на доземната куса врска ќе се ограничи на пониска вредност. Во спротивно, трансформаторската станица не може да се приклучи на среднонапонската мрежа заземјена преку мала отпорност.

#### IV.2.2 Димензионирање на заземјувачите во трансформаторските станици среден/низок напон ако среднонапонската мрежа е со изолирана неутрална точка или со компензирана струја на земјоспојот

#### Член 73

- (1) Еквивалентната отпорност на заедничкиот заземјувач, вклучувајќи го влијанието на металните плаштови на каблите како заземјувачи (стари типови на кабли) и влијанието на заземјувачите на соседните трансформаторски станици и објекти што се поврзани со неутралниот спроводник на нисконапонската мрежа, мора да го задоволи условот:

$$R_{\text{заеднички}} \leq \frac{q \cdot U_{\text{дозв.}}}{I_{\text{земјоспој}}},$$

каде што

$R_{\text{заеднички}}$  е еквивалентна отпорност на заедничкиот заземјувач;

$U_{\text{дозв.}}$  е највисока вредност на дозволениот напон на допир;

$I_{\text{земјоспој}}$  е вкупна капацитивна струја на земјоспојот на галвански поврзаните водови на среднонапонската мрежа со изолирана неутрална точка, односно преостаната струја на земјоспој ако среднонапонската мрежа е со компензирана струја на земјоспој;

$q$  е однос меѓу потенцијалот на заедничкиот заземјувач и напонот на допир на местото на допир, а се определува како што е објаснето во членот 68.

#### Член 74

- (1) Ако земјоспојот во среднонапонската мрежа трае доволно долго (на пример, подолго од 2 часа) може да се смета дека се создадени услови за појава на двоен земјоспој, што може да

предизвика големи термички напрегања на заземјувачите на трансформаторските станици и превисоки напони на допир.

(2) Во случај од ставот (1) треба да се изврши одвојување на работниот од заштитниот заземјувач, при што треба да бидат исполнети следните услови:

- 1) заштитниот заземјувач треба да се изведе како заземјувач во тешки услови, во согласност со членот 71;
- 2) ако двојниот земјоспој не се исклучува со заштита без временско доцнење, треба да се изврши пресметковна проверка на површините на напречните пресеци на елементите на заштитниот заземјувач, од аспект на термичките напрегања;
- 3) работниот заземјувач треба да ги задоволи условите на применетата заштита од високи напони на допир во нисконапонската мрежа и на применетата заштита од високи напони на допир кај потрошувачите;
- 4) вкупната отпорност на заземјувачкиот систем формиран со поврзување на работниот заземјувач со другите заземјувачи во нисконапонската мрежа, мерена во трансформаторската станица без одвојување на неутралниот спроводник од работниот заземјувач и без одвојување на другите заземјувачи во нисконапонската мрежа, треба да има вредност која обезбедува, во случај на пробивање на изолацијата помеѓу среднонапонските делови и елементите поврзани со работниот заземјувач, на тој заземјувач да не може да се јави, и да трае, напон повисок од највисокиот дозволен напон на допир, т.е. мора да биде исполнет условот:

$$R_{\text{работен}} \leq \frac{U_{\text{дозв.}}}{I_{\text{земјоспој}}},$$

каде што

$R_{\text{работен}}$  е отпорноста на работниот заземјувач;

$U_{\text{дозв.}}$  е највисоката вредност на дозволения напон на допир, дефиниран во членот 24;

$I_{\text{земјоспој}}$  е вкупната капацитивна струја на земјоспојот на галвански поврзаните водови на среднонапонската мрежа со изолирана неутрална точка, односно преостанатата струја на земјоспој ако среднонапонската мрежа е со компензирана струја на земјоспој.

## У Заштита од прекумерни струи

### Член 75

- (1) Елементите од мрежата се штитат со соодветни уреди за заштита од струи на преоптоварување и од струи на куса врска.
- (2) Најголемата струја на куса врска што може да ја прекине уредот за заштита од куса врска (прекинувачка способност) треба да не биде помала од очекуваната струја на куса врска на местото на кое се инсталира уредот.
- (3) По исклучок од ставот (2), заштитниот уред може да има помала прекинувачка способност доколку друг заштитен уред, кој ја има неопходната прекинувачка способност, е инсталиран на страната на напојувањето. Во таков случај карактеристиките на уредите треба да бидат координирани така што енергијата низ нив да не биде поголема од енергијата што може без оштетување да ја поднесе како заштитниот уред на страната на оптоварувањето така и спроводниците заштитувани од тие уреди.
- (4) Карактеристиките на заштитните уреди треба да бидат ускладени така што дозволената енергија низ уредот за заштита од струи на куси врски да не ја надминува енергијата која уредот за заштита од преоптоварување може да ја поднесе без оштетување.

- (5) Не е потребна посебна заштита од струи на преоптоварување и струи на куси врски ако елементите на мрежата се напојувани од извор што не може да даде струја што ја надминува најголемата трајно дозволена струја на елементите.

#### **Член 76**

- (1) На сите фазни спроводници треба да се обезбеди откривање (детекција) на прекумерни струи. Откога ќе се констатира прекумерна струја мора заштитниот уред да го исклучи спроводникот на кој е откриена прекумерната струја, но не е секогаш неопходно да се исклучат и други спроводници што се под напон.
- (2) Соодветни мерки на претпазливост треба да бидат преземени доколку исклучувањето само на една од фазите може на предизвика несакани последици.
- (3) Во TT и TN-системите детекција на прекумерни струи во неутралниот спроводни е неопходна ако неговата отпорност по единица должина е поголема од соодветната отпорност на фазните спроводници.
- (4) Во TT и TN-системите детекција на прекумерни струи во неутралниот спроводни не е неопходна во следниве случаи:
- 1) ако отпорноста по единица должина на неутралниот спроводник е помала или еднаква на соодветната отпорност на фазните спроводници,
  - 2) ако неутралниот спроводник е заштитен од куса врска со заштитниот уред за фазните спроводници и ако, во нормални услови на работа, е основано да се очекува дека најголемата струја во неутралниот спроводник ќе биде помала од најголемата трајно дозволена струја за тој спроводник.
- (5) Во IT-системите каде што е инсталиран неутрален спроводник, генерално, е неопходно да се обезбеди откривање прекумерни струи во неутралниот спроводник на секое струјно коло, што ќе услови исклучување на сите спроводници под напон на соодветното струјно коло, вклучително и на неутралниот спроводник.

#### **Член 77**

- (1) Таму каде е предвидено исклучување на неутралниот спроводник, тој не треба да биде исклучен пред фазните спроводници, а при вклучувањето треба да биде вклучен едновремено со фазните спроводници или пред нив.

#### **Член 78**

- (1) При избор на карактеристиките на уредите за заштита од преоптоварување на елементите на мрежата треба да се води сметка како за нивната најголема трајно дозволена струја така и за условите на применетата заштита од електричен удар при дефект на фазната изолација (т.е. заштита од индиректен допир).

#### **Член 79**

- (1) Уред за заштита од струи на куса врска треба да биде поставен во точка во која се намалува плоштината на напречниот пресек на спроводникот или друга промена која придонесува за намалување на вредноста на најголема трајно дозволена струја на спроводникот.

## **VI Преодни и завршни одредби**

#### **Член 80**

- (1) Со денот на влегување во сила на овој правилник престанува да се применува Правилникот за техничките нормативи за заштита на нисконапонските мрежи и припаѓачките трансформаторски станици („Службен весник на СФРЈ“ бр. 13/78 година).

**Член 81**

(1) Овој правилникот влегува во сила осмиот ден од денот на објавување во “Службен весник на Република Македонија”.

Бр. 12-611/1  
24 јануари 2019 година  
Скопје

Министер за економија,  
**Крешник Бектеши, с.р.**

**Прилог 1 Список на референцирани стандарди**

МКС EN 60038	МКС EN 60038:2013 – CENELEC стандардни напони
МКС EN 50160	МКС EN 50160:2012 – Карактеристики на напонот при испорака на електрична енергија преку јавни електроенергетски мрежи
МКС EN 50522	МКС EN 50522:2013 – Заземјување на енергетски инсталации кои надминуваат 1 kV а.с.
МКС HD 60364-1	МКС HD 60364-1:2010 – Нисконапонски електрични инсталации – Дел 1: Основни принципи, оценување на општите карактеристики, дефиниции
МКС HD 60364-4-41	МКС HD 60364-4-41:2010 – Нисконапонски електрични инсталации – Дел 4-41: Заштита поради безбедност - Заштита од електрични удари
МКС HD 60364-5-54	МКС HD 60364-5-54:2013 – Нисконапонски електрични инсталации – Дел 5-54: Избор и монтажа на електричната опрема – Заземјување и заштитни проводници